

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11214299 A**(43) Date of publication of application: **06.08.99**

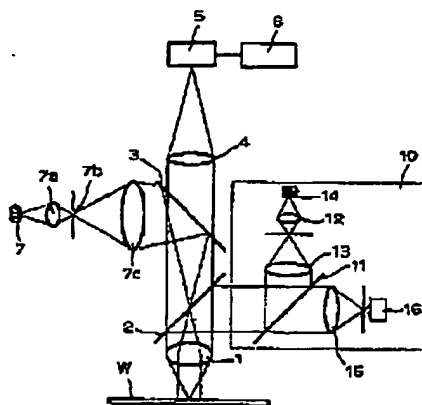
(51) Int. Cl.

**H01L 21/027****G01B 11/24****// B23K 26/00****H01L 21/02**(21) Application number: **10029102**(71) Applicant: **KOMATSU LTD**(22) Date of filing: **27.01.98**(72) Inventor: **SUWA MASATO****(54) READ DEVICE OF DOT MARK AND READ METHOD****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To catch light at a position wherein the quantity of light reflected in a bottom or a surface of a dot mark concentrates most, by setting an arrangement position of an object lens at a place wherein the focus of reflection light and the focus of an object lens almost coincide with each other.

**SOLUTION:** A semiconductor wafer W is moved to an area near the focus of an object lens 1 and the object lens 1 alone is moved up and down to maximize sensor output of a light quantity detector 16 of a confocal detection mechanism 10 and focusing is finished. Parallel light is directed to a dot mark in a surface of the semiconductor wafer W from a reading light source 7 and focusing light directed to an area near a dot mark is directed from a detection light source 14. Reflection light is received by an image receiver 5 through first and second half mirrors 2, 3, a position wherein brightness of a dot central part thereof is the highest is detected by image processing, etc., and the object lens 1 is set at the place. As a result, a focus position of a dot mark on the wafer W and a focus position of an object lens are made coincide with each other and enough discrimination property of a dot mark is ensured.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-214299

(43)公開日 平成11年(1999) 8 月 6 日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 0 2 G

G 0 1 B 11/24

G 0 1 B 11/24

F

// B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

B

H 0 1 L 21/02

H 0 1 L 21/02

A

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 19 頁)

(21)出願番号

特願平10-29102

(22)出願日

平成10年(1998) 1 月 27 日

(71)出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号

(72)発明者 諏訪 正登

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製

作所研究本部内

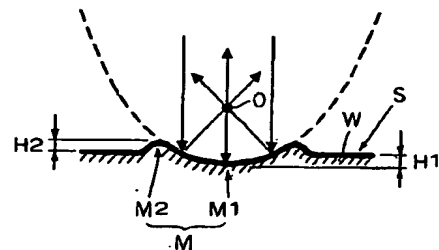
(74)代理人 弁理士 野口 武男

(54)【発明の名称】 ドットマークの読み取り装置と読み取り方法

(57)【要約】

【課題】微小寸法や薄膜が形成されてもドットマークの視認性が確保できる読み取り装置を提供する。

【解決手段】ドットマークの形成面に光を照射し、その反射光を受像器(5)で受け、同受像器(5)からの画像を画像処理して前記ドットマークを読み取る方法であって、光反射面が焦点(0,0')を有するドットマークが形成されたドットマーク形成面に略平行な光を照射して、前記ドットマークの光反射面からの反射光の焦点位置に対物レンズ(1)の焦点位置を合わせて受像器(5)で受け、これを画像処理する。こうすることにより、前記反射光の最も輝度の高い部分を画像処理により認識できるようになり、例えばドット寸法やドット深さが小さいマークであっても確実に読み取ることが可能となる。



本発明のレーザマーキング装置によるソフトマーキングにより形成され得る反射面が放物面をもつドットマーク形態を模式的に示す断面図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ドットマークの形成面に平行光を照射し、その反射光を受像器で受け、同受像器からの画像を画像処理して前記ドットマークを読み取る装置であって、前記ドットマークの反射面が焦点を有してなり、前記ドットマークの形成面をほぼ平行な光で照射する照射光学系と、

前記ドットマークの形成面からの反射光を受光する受像器と、

同受像器からの画像データを処理する画像処理手段と、前記受像器及びドットマークの形成面の間に配される対物レンズと、

前記反射光の焦点の位置合わせ手段とを有し、

前記対物レンズの配設位置が、前記対物レンズの焦点と前記反射光の焦点とがほぼ合致する位置であることを特徴とする微小ドットマークの読み取り装置。

【請求項2】 前記対物レンズの配設位置が、前記ドットマークの反射光の焦点が実焦点位置である請求項1記載の読み取り装置。

【請求項3】 前記対物レンズの配設位置が、前記ドットマークの反射光の焦点が虚焦点位置である請求項1記載の読み取り装置。

【請求項4】 前記ドットマークの形成面が、前記ドットマークにより構成される2次元コードからなり、前記対物レンズの開口数が0.13以上で、且つ0.80以下である請求項1～3のいずれかに記載の読み取り装置。

【請求項5】 ドットマークの形成面に光を照射し、その反射光を受光器で受け、同受像器からの画像を画像処理して前記ドットマークを読み取る方法であって、光反射面が焦点を有するドットマークが形成されたドットマーク形成面に略平行な光を照射すること、前記ドットマークの光反射面からの反射光を対物レンズを介して受像器で受けること、及び前記受像器からの画像データを処理することを含み、前記対物レンズの焦点位置を前記ドットマークの光反射面の焦点位置にほぼ適合させることを特徴とするドットマークの読み取り方法。

【請求項6】 前記ドットマークの光反射面を凹面鏡形態に形成することを含む請求項5記載の読み取り方法。

【請求項7】 前記ドットマークの光反射面を凸面鏡形態に形成することを含む請求項5記載の読み取り方法。

【請求項8】 前記ドットマークにより構成される2次元コードを形成すること、及び前記対物レンズの開口数を0.13以上で、且つ0.80以下に設定することを含む請求項5～7のいずれかに記載の読み取り方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体ウェハや金属表面の所望領域に形成される微小なドットマークを正確

に読み取るための装置と、その読み取り方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から、半導体、微細な電子部品や機械部品などの表面の一部に各種のドットマークが付されている。このドットマークには、ダイヤモンド工具による打刻、レーザ光による刻印、各種のホトイングラフィによるマーク形成、エッチングによるマーク形成などが挙げられる。

【0003】 例えば、半導体の製造工程にあつては、各工程ごとに多様で且つ厳密な製造条件を設定する必要がある。これらを管理するために、半導体ウェハの一部表面に数字、文字或いはバーコードなどからなるマークがドット表示される。しかし、半導体の製造工程数は100工程以上にもおよび、しかも各工程において多数の素子形成処理や平坦化処理がなされる。これらの処理には、例えばレジスト塗布、レジスト上へのパターンの縮小投影やレジスト現像、或いは銅配線などにより発生するギャップの埋め込みのための絶縁膜や金属膜などの各種の成膜による平坦化がある。

【0004】 一方、上記ドットによるマーキングは、通常、連続パルスレーザビームを光学系を介して半導体ウェハの一部表面に照射することによりなされる。しかも、このマーキングは一回に限らず、各製造工程の履歴特性を知るためにも、各製造工程にて必要最小限の履歴データをマーキングすることが多い。しかしながら、半導体ウェハにおけるマーキングは極めて狭い領域に限られているため、マーキングされるドットの大きさ及び数にも限界があり、そのマーキング領域の広さ、ドットの大きさ、ドット数がSEMI規格などにより規定されている。

【0005】 ドットマーキングがなされた半導体ウェハは、例えば特開平2-299216号公報に開示されている如く、He-Neレーザのレーザ光の照射による反射率の変化、或いは通常のレーザ光の熱波の振動の変化として読み取られ、その読み取られた情報に基づき、以降の製造工程における各種の製造条件が設定される。従って、前述の読み取りが正確になされず、誤った情報として読み取る場合には、偶然を除くと全てが不良品となる。その読み取り不良の原因の大半はドットマーキングによるマークの不鮮明さに基づいている。この不鮮明の1つの要因としては、マークを形成するドットの深さが少ない場合に、上述の成膜によるドットの埋没があり、そのためドットの深さをある程度深くする必要がある。

【0006】 そこで、所要のドット深さを得ようとして、通常は1回の大エネルギーのレーザビーム照射により半導体ウェハの一部をスポット状に熔融除去してドットを形成しているが、この場合に熔融除去された熔融物がドット周辺に高く堆積し、或いは飛散してその飛散物がドットの周辺部に付着し、素子形成を不可能にしたりして品質に大きな影響を与える。更には、YAGレーザ

によるドットマーキングの場合には、YAGレーザの特殊性により、或いはそのQスイッチ操作のためレーザ出力に変動が生じやすく、ドットの深さや大きさにバラツキが生じる。

【0007】かかる不具合を解消すべく、例えば特開昭59-84515号公報及び特開平2-205281号公報によると、比較的小さいエネルギーのパルスレーザ光を同一ポイントに重複して照射するものがある。前者にあっては、1個のドットを形成するにあたり各パルスごとに順次ドット径を小さくして、同一ポイントに複数回重複して照射し、ドットの穴径を順次小さくしながら深いドットを形成しており、後者にあっては、1回目のレーザパルス照射を1 KHz以下の周波数とし、続いて照射されるレーザパルスの周波数を2~5 KHzの高繰り返し周波数として、0.5~1.0  $\mu\text{m}$  或いは1.0~1.5  $\mu\text{m}$ の深さのドットを形成している。

【0008】また、視認性を向上させるため、ドットマークの深さを深くする以外にも、例えば半導体ウェハ表面のドットマークの底面を凹凸面とし、ドットマークの内部に照射された光を乱反射させることにより、ドットマークの開口面の輝度をマーク周辺のそれより低くして明暗を明確にすることも行われている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、刻印による上記ドットマークに対する読み取りの不鮮明さ（以下、視認性という。）の原因の一つとしては上述の深さにあることも確かではあるが、ドットの深さが深くされていても、その開口部の径が大きい場合には、例えば所要の深さを得るに十分なレーザ光を照射しても、そのエネルギー密度は一般にガウシアン分布であるため、穴内部が全体として滑らかな曲面となってしまう、通常のように読み取り装置の対物レンズの焦点をドットマークの底面に合わせるだけでは拡散光が多く、上述のごとき読み取り手段ではドットマークとその周辺との差を判別しがたい場合が生じる。

【0010】一方、上記特開平2-205281号公報にはドット深さについて上述の如く0.5~1.0  $\mu\text{m}$  或いは1.0~1.5  $\mu\text{m}$ である旨が具体的に記載されているが、その径については何ら記載がなく、またそのドット形状についてもガウシアン形状であると紹介されているに過ぎない。

【0011】また、上記特開昭59-84515号公報の開示によれば、第1回目のドットの開口径が100~200  $\mu\text{m}$ に対して深さが1  $\mu\text{m}$ 以下とあり、具体的には4回のレーザ光照射がなされることが記載されていることから、この場合のドット深さはせいぜい3~4  $\mu\text{m}$ である。また同公報の図面から、1回に形成されるドット形状もガウシアン形状に近似している。

【0012】従って、これらの公報に開示されたマーキング方法によっても、所要のドット深さ及びある程度の

均整な大きさのドットが形成されるとは考えられるが、上記視認性の点では相変わらず確実性に欠けているといわざるを得ない。また、形成されるドットの大きさ

（径）について前述の各公報の開示をみても、これを微小にするという点について格別の開示がなされていないことから、従来の寸法を変更するものではなく、従って現時点における、例えばSEMI規格で規定された数値を踏襲しているに過ぎず、ドット数及びドット形成領域の広さについても実質的には大幅な増加が期待できない。

【0013】また、前述のごとく集積回路の加工面にドットマークを付すかぎり、たとえその余白領域であっても、上述のドットマーキングの視認性が維持される保障はない。何となれば、半導体ウェハの前記集積回路の加工面には上述のごとく多様な成膜工程とその部分的な除膜工程が繰り返されること、更には特にウェハ周辺部が把持と開放が繰り返される領域であることから表面管理が他の部分よりもしにくいから、前記成膜時、或いは同膜の除去時に、前記成膜のためドットマークが埋め込まれ、或いは除膜が過剰に過ぎてマーク深さが浅くなり、複数の処理を経るたびにその視認性の低下を来すことが多い。

【0014】しかして、ドットの大きさを従来以上に小さく形成するときは、そのドット形状を更に検討する必要がある、特に形状が小さいため、その深さや断面形状に格別の考慮がなされないかぎり、上述の様々な理由から、その視認性の持続を確保することは不可能に近い。

【0015】かかる課題は、単に半導体ウェハ表面への刻印によるドットマーキングの視認性のみならず、各種のホトリソグラフィ、エッチングや打刻などによるマーク形成がなされる他の微小な電子部品や機械部品などについても同様のことがいえる。

【0016】本発明は、こうした従来の課題を解消すべくなされたものであり、その具体的な目的は、一般的な大きさをもつドットマークはいわゆるがな、従来では予測すら不可能であった微小なドットマークであっても、視認性の持続が確保されるドットマークの読み取り装置とその読み取り方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段及び作用効果】ところで、従来の半導体ウェハに対するドットマーキングは上述の如くすべからず半導体ウェハ表面の周辺部であるか、或いは半導体ウェハの裏面になされる。しかるに、半導体ウェハは既述したとおり半導体素子の各製造工程において把持と開放が繰り返されるため、その周辺部は様々な影響を受けやすい。また、上記各種の成膜やその除去にあたっては、ウェハの素子形成領域である中央部にあっては処理が厳格に管理されているため、多工程を経たのちにもウェハ表面の形態は安定しているが、ウェハ周辺部は機械的又は吸着などによる把持部であって、例えば

その領域の成膜量や除膜量を厳密に制御することは不可能である。そのため、前記ドットマークがレーザマーキングによる場合には、穴内の膜が蓄積され厚くなりやすく、また除膜量が大きすぎると穴周辺のウェハ本体までも削り取られ、穴の深さを浅くしてしまい、既述したとおり視認性を低下させてしまう。これは、何もドットマークが穴形状でなく、フォトリソグラフィやエッチングによるドットマーキングについても同様のことが言える。

【0018】そこで、本発明者等は先ず最も表面状態の変化が少ない素子形成領域である半導体ウェハの中央部にドットマークが形成できれば、視認性が確保しやすいと考えた。しかるに、半導体素子の形成領域に直接ドットマークを形成することは不可能である。ここで、特に着目した領域は半導体ウェハを素子単位に切断するときの切断領域であるスクライブラインである。このスクライブラインは、既述したように集積回路製造の各工程にて厳格に管理されるため露出シリコンに非常に近い状態を維持している。従って、このスクライブラインはドットマーキング領域としては、特に理想的な場所であるといえる。

【0019】かかる前提の下に更に検討を重ねた結果、前記スクライブライン以外にもドットマーキングが可能な領域があることを知った。通常、半導体ウェハには最終製品としての半導体素子を形成する領域内に、試験用のチップ形成領域がある。また、半導体ウェハの周辺部には、個々のデバイス単位をなすチップの不完全形成領域が存在する。更には、各素子の周辺部に露出する多数の引出し電極のうち、いくつかが実際には使用されない余分の電極として存在する。従って、これらの部分にもドットマークの形成が可能であれば極めて有効である。また、従来と同様に半導体ウェハの側面も本発明のドットマーキング対象領域となり得る。

【0020】しかし、前記スクライブライン、試験用チップ形成領域、或いは引出電極やオリエンテーションフラットの側面は、いずれにしてもドットマーキングのできる面積は限られてしまい、多数のマークを形成しようとすれば、従来と同様の寸法形態をもつドットマークでは何ら意味をなさない。これに対し、スクライブラインに微小ドット径で英数文字を刻印してデータを書き入れることによって新たな自由度が開けてくる。8in.の半導体ウェハでは、スクライブラインの全長は少なくとも8m以上が可能であり、これは各段に大きなデータ空間であると言える。

【0021】このデータ空間の拡大は従来では予測し得ない大きなメリットが期待できる。すなわち、2次元コードを自由に使うことができ、また1次元又は2次元コードに関わらず情報バイト数を格段に増やすことができる。従って、同一情報を一度ならず二度三度と書き込むことが可能となる。本発明のドットマーキングが可能な

領域の例はスクライブライン、試験用チップ形成領域、チップの不完全形成領域、引出し電極表面がある。

【0022】しかして、上述の如く従来のドットマークのように100~200 $\mu\text{m}$ の寸法からなる場合には、前述のごとき狭小な領域であるスクライブラインでは如何にしてもマーキング量が少な過ぎて、特に2Dコードによる文字情報はもとより多量のデータ入力是不可能である。

【0023】本発明者等は、更に従来の各種のドットマーキング装置、方法及びドット形状について改めて詳しい検討及び分析を行ったところ、微小であるにも関わらずドットマークに対する視認性を確実にする主な要因は、ドット形状と、その形状に基づく反射光の特性にあることを発見した。しかも、前記ドット形状は従来の形態に類似したものでも十分であり、或いは従来のごとく凹陷状でなくマーク形成面から突出するドットマークであってもよいことを知った。このことは、例えば従来のレーザ光やダイヤモンドによる刻印、或いは各種のリソグラフィやエッチングによるドットマーク形成であっても良いことを意味し、幅広い手法が採用し得ることと同時に、その読み取り原理に基づけば半導体ウェハに限らず、金属部品、合成樹脂成形部品等の多様な物品表面のドットマークを正確に読み取り得ることを示唆している。

【0024】ここで、レーザ光による刻印の場合に、単に従来の手法を採用するだけでは、微小な寸法で且つ理想的な形態を有するドットマークは得られない。その特殊な1つの手法として、例えばレーザ発振器と、前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を平滑化するビームホモジナイザと、パターンの表示に合わせて前記レーザビームの透過/非透過状態に駆動制御される液晶マスクと、前記液晶マスクの1ドットに対応して、ドット単位で前記レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段と、前記液晶マスクの透過ビームをドット単位で半導体ウェハ表面に結像させるレンズユニットとを備えてなるレーザビームによる微小マーキング装置を用いることが考えられる。

【0025】1ドットの最大長さが50~2000 $\mu\text{m}$ である前記液晶マスクを駆動制御して所望のマークパターンを表示して、前記ビームホモジナイザにより均整化されたレーザビームを前記液晶マスクに照射する。一方、前記ビームプロファイル変換手段を前記液晶マスクのドットマトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成して、前記ビームプロファイル変換手段を通過するレーザビームのエネルギー密度分布をドット単位で所望の形状に成形する。このビームプロファイル変換手段により所望の形状に成形された1ドットごとの各レーザビームを、前記レンズユニットにより1ドットの最大幅寸法が1~15 $\mu\text{m}$ となるように縮小して

前記半導体ウェハ表面のスクライブライン上に結像させることにより本発明の半導体ウェハが得られる。

【0026】なお、上記半導体ウェハとは、シリコンウェハそれ自体である場合が代表的ではあるが、その他にウェハ表面に酸化膜(SiO<sub>2</sub>)や窒化膜(SiN)が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させたウェハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物が表面に形成されたウェハをも含むものである。

【0027】一般のドットマークに対する視認性に関しては、ドットマーク及びその周辺における光の反射方向及びその反射量の間に大きな差がある場合に視認性が高くなることは容易に理解できる。従って、既述したとおり穴が開口径との関係において相対的に深い場合には視認性が高くなることは、一定の入射角度で入射された穴内部における反射光はその反射方向が一律ではなく乱反射するため、穴の開口から外部に出射して来る反射光が少なくなり、一方で穴周辺部が平滑面であることを前提とすれば、その周辺部における反射光は一定方向に反射することから明度が高くなる。その明暗の差が大きい場合に視認性は高くなるといえる。

【0028】しかるに、穴径に対する深さを相対的に深くして、1ドットの最大幅寸法が1~15μmとなるように刻印するには、前述のような特殊な手法を採用しないかぎり極めて難しく、その形成が困難であることから更に簡単なドット形態によっても視認性が確保されることが望ましい。

【0029】そこで、本発明者等は更に検討を進めた結果、ドットマークの反射光の最大収束位置であればその単位面積当たりの光量が最も多く、周辺とのコントラストが大きくなり、視認性も優れたものになるであろうと予測した。そのために、ドットマークの反射面(表面)の形態を規定するとともに、反射光を効率的に収束させることが必要であることに着目した。

【0030】図4~図8は、本発明の理想的なドットマーク形状を示している。図4は、穴周辺部に溶融して堆積した盛り上がり部分を有する従来のドットマークの孔形態に対する本発明による読み取り原理を示している。同図の穴断面からも理解できるように、穴の底面が放物面にある場合、同底面に上方から平行光が照射されると、同平行光は底面で反射して、ある一点に収束して結像する。この結像位置は前記底面の実焦点位置に相当する。この穴形状に類似する穴を形成するには、従来のレーザー光の照射による刻印手法が採用できる。ただし、微小寸法のドットマークで且つ前記形状を得るには、光学系に高い精度が要求されるとともに、レーザー光の出力制御にも高度な制御が要求される。

【0031】一方、上述の特殊な手法を採用する場合には、光学的に格別に高度な精度が要求されず、またレーザー光の出力制御にも格別な制御が要求されず、所望の形態を有する微小なドットマークを形成することができ

る。この手法の具体的な紹介は、本件以前に出願された特願平 ー 号の記載を参照されたい。

【0032】これを簡単に説明すると、レーザー発振器から出射されるレーザー光自体を1ドットのマーキングに必要且つ十分なエネルギーをもつ小径のレーザー光に分割変換するとともに、各ドット単位のレーザー光のエネルギー密度分布を前述の穴形状に加工するに相応しいプロファイルに変換することが必要である。そして、かかる好適で且つ均整なプロファイルを成形するには、その変換される以前に各ドット単位のレーザー光のエネルギー密度分布を平滑化しておく。

【0033】かかる手法により半導体ウェハ表面に形成される本発明における微小ドットとは、例えば1ドットの最大長さが50~2000μmである液晶マスクを透過するレーザー光がレンズ系を通して得られる縮小結像、すなわち液晶マスクを透過するレーザー光の1ドットの最大長さがレンズユニットを通して1/50~1/200に縮小され、ウェハ表面に1ドットの最大長さを1~15μmとして照射することにより形成されるドットマークの寸法をいう。これらの値は、例えばSEMI規格で許容されるドットマーク寸法の最大限の値である100μmと比較すると、1/100~3/20であって、如何に微小な寸法であるかが理解できる。

【0034】図5は底面が楕円形断面の一部を構成するように形成された穴形態を示している。この場合、底面に上方から照射される平行光は同底面で反射して葉巻状の実像を形成する。図6はエッチングにより形成される穴形態を示しており、同図では穴底面を逆円錐状に形成している。この場合にも、楕円中心位置に縦長の細長い葉巻状の実像が形成される。

【0035】図7はドットマークを凹陷状の穴形態とせず、ドットマークの形態をマーキング形成対象物の表面に突出させたマーク形態としている例を示している。このドットマーク例によれば、その突出形態は上記図に示したドットマークを裏返した状態、すなわち楕円形断面の一部を突出表面としている。この例にあっては、前記虚像と同様にドットマークに上方から照射される平行光は同ドットマークの周面で反射して、楕円中心を起点とする拡散光となり、その起点位置に虚像が形成される。その虚焦点位置は楕円中心部であり、縦長の葉巻状をなしている。

【0036】図8はドットマークがマーキング対象物表面に突出して形成される場合の例を挙げている。同図によれば、ドットマークの表面への突出形態が円錐状である。この例によれば、ドットマークに上方から照射される平行光は同ドットマークの周面で反射して、ある位置を中心にして拡散光となる。すなわち、この例でもマーク形成体の裏面側に虚像が形成されることになり、その結像位置が、いわゆる虚焦点を構成する。

【0037】なお、図5及び図6に示した穴周辺部に形

成される溶融物による堆積部分も、本発明の読み取り装置及び読み取り方法によって有効に利用できる。すなわち、前記堆積部分に上方から平行光が照射されると、その堆積部分の円弧状断面の表面で前記光が反射する。その反射光は前記円弧中心の近傍を起点とする拡散光となり、前述と同様、その結像位置が前述の虚焦点位置となる。しかして、この場合には前記堆積部分は穴周辺に沿ったリング状をなすため、前記虚焦点位置もリング状に存在することになる。

【0038】本請求項1～請求項8に係る発明は、上述のごとき反射面が焦点を有している1ドットのドットマークを光学的に検出し、これを画像処理して読み取るための読み取り装置とその読み取り方法に関するものであり、上述の課題はこれらの発明により効果的に解決される。

【0039】請求項1に係る発明は、前記読み取り装置が、前記ドットマークの形成面をほぼ平行な光で照射する照射光学系と、前記微小ドットマークの形成面からの反射光を受光する受光器と、同受光器からの画像データを処理する画像処理手段と、前記受光器及び微小ドットマークの形成面の間に配される対物レンズと、前記反射光の焦点の位置合わせ手段とを有し、前記対物レンズの配設位置が、前記反射光の焦点と前記対物レンズの焦点とがほぼ合致する位置であることを特徴としている。

【0040】すなわち、本発明装置にとって重要な点は、読み取り装置の対物レンズの配設位置が、上述のごとく形成されるドットマークの形態により一義的に決定できることにある。これを具体的に述べると、前記ドットマークの底面又は表面の反射面に照射される平行光の反射光が収束して点状に結像する上述の焦点位置に、対物レンズの焦点位置を一致させるように対物レンズを設置すればよい。この対物レンズの設置にあたっての、設置位置の決定は、従来の共焦点法又は三角測量法による各焦点検出機構を使用することにより行われる。

【0041】かくて、対物レンズの焦点位置をドットマークの底面や表面による反射光の焦点位置に合わせることで、ドットマークの底面又は表面で反射する光量が最も集中する位置で光を捕らえることができるため、その視認光量は周辺の光量とは比較にならないほどに多くなり、マーク周辺部とのコントラストが著しく、微小ドットマークや表面に薄膜が形成されたドットマークなどであっても、十分に識別性が確保される。

【0042】請求項2及び請求項3に係る発明は、前記ドットマークの形成形態による前記対物レンズの配設位置を規定しており、前記ドットマークの反射光の焦点が実焦点である場合と、虚焦点である場合とで変更のないことを規定している。すなわち、前記対物レンズの焦点位置を、前記反射光が実際に収束して結像する位置に合わせる場合と、前記反射光がある一点から放射状に出射するかに見える仮想の焦点位置に合わせる場合とのい

れでもよいことを規定している。

【0043】請求項4に係る発明は、前記ドットマークが形成される形成面が、前記微小ドットマークにより構成される2次元コードにより構成され、同コードの形成領域が縦40 $\mu$ m、横320 $\mu$ mの平面内であり、前記対物レンズの開口数が0.13以上で0.80以下としている。

【0044】前記対物レンズの開口数が前記数値の範囲内にあり、0.80に近づくに連れてドットマークを大きな像として取り込めるため、解読のための画像処理精度は高くなるが、多数のドットマークを同時に読み込むことが難しくなり、更には読み取り対象領域の位置合わせがしにくくなる。一方、前記対物レンズの開口数が0.13に近づくに連れて視野が広くなり、読み取り対象領域の位置合わせがしやすくなるが、多少画像処理の精度が低下するものの、実用上は格別の不具合がない。

【0045】しかるに、前記対物レンズの開口数が0.13より小さいと、焦点深度が深くなりすぎて、読み取り対象物の表面とドットマークの反射光の焦点が対物レンズの焦点深度内に入ってしまう、両者の反射光を区別することができなくなる。また、対物レンズの開口数が0.80より大きいと、対物レンズと読み取り対象物との間の間隔が小さくなりすぎて、特にドットマークが読み取り対象物から突出形態にあるとき、対物レンズとドットマークが干渉して使用することができなくなる。

【0046】請求項5～請求項8に係る発明は、ドットマークの形成面にほぼ平行な光を照射し、その反射光を受光器で受け、同受光器からの画像を画像処理して前記ドットマークを読み取る方法に関する。すなわち、請求項5に係る発明は、既述したとおりの形態をもち、その光反射面が焦点を有するドットマークが形成されたドットマーク形成面に略平行な光を照射して、前記ドットマークの光反射面からの反射光を対物レンズを介して受光器で受け、前記受光器からの画像データを処理することを含み、前記対物レンズの焦点位置を前記ドットマークの光反射面の焦点位置にほぼ適合させることを特徴とする微小ドットマークの読み取り方法にある。

【0047】光源からの光は光学系を経て、平行光となってドットマーク形成面に照射される。この照射された平行光は、前記ドットマークの反射面にて反射し、その結像位置で収束し、その位置が実焦点又は虚焦点となる。前記対物レンズの焦点位置が前記実焦点位置又は虚焦点位置に合わされているため、同レンズではその収束光を捕らえて受光器に送られることになり、受光器の受光量の分布を見ると、ドットマークからの反射光量はマーク周辺からの反射光量とは比較にならないほど突出している。従って、その後の画像処理においても十分に他の反射光と区別ができ、正確にドットマークを読み取ることを可能にする。

【0048】請求項6及び請求項7に係る発明は、前記

ドットマークの光反射面を凹面鏡形態又は凸面鏡形態に形成することを包含することを規定している。前記光反射面を凹面鏡形態に形成するときは、その反射光は実焦点を有し、また前記光反射面を凸面鏡形態に形成するときは、その反射光は虚焦点を有することになり、各焦点は略1点であるため、ドットマーク周辺の反射光との輝度差が最も大きく効果的な読み取りを可能にする。

【0049】請求項8に係る発明は、前記請求項5～請求項7にあって前記ドットマークの形成領域を平面内に設定し、その領域内に前記ドットマークにより構成される2次元コードを形成すること、及び前記対物レンズの開口数を0.13以上かつ0.80以下に設定することを含んでいる。かかる開口数の範囲にあってドットマークの大きさ及び読み取り領域に見合った好適な開口数を選択することにより、効率的でかつ高精度の画像処理が可能となる。

【0050】

【発明の実施形態】以下、本発明の好適な実施の形態をレーザマーキング装置によるドットマーキングについて添付図面に基づいて具体的に説明する。勿論、本発明は微小なドットマークに限らず、通常の寸法を有するドットマークに対しても適用が可能であり、また前記ドットマークの形成はレーザマーキング装置に限定されるものではなく、例えばリソグラフィやエッチングによっても実施が可能である。

【0051】図1は本発明者等によって先に提案された微小ドットマーキングを形成するためのレーザマーキング装置と、そのマーキング原理とを模式的に示した説明図である。同図において、符号110はレーザ発振器、120はビームホモジナイザ、130は液晶マスク、140はビームプロファイル変換器、150は結像レンズユニット、Wは半導体ウェハである。ここで、図示例における半導体ウェハとはシリコンウェハのみならず、同ウェハ表面に酸化膜や窒化膜が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させた半導体ウェハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物などにより成膜された半導体ウェハ一般を総称するものである。

【0052】図示例にあっては、レーザ発振器110から出射されるガウシアン形状のエネルギー密度分布を有するレーザ光を、まずビームホモジナイザ120を通して、尖頭値がほぼ均一なトップハット型のエネルギー密度分布形状(B)に成形する。前記ビームホモジナイザ120は、例えばガウシアン形状のエネルギー密度分布をもつレーザ光を、平滑化されたエネルギー密度分布の形状に成形するための光学部品を総称する。この光学部品としては、例えばフライアイレンズやバイナリーオプティクス、シリンドリカルレンズを使用して、そのマスク面上に一括照射するか或いはポリゴンミラーやミラースキャナなどのアクチュエータによるミラー駆動によってマスク面上を走査させる方式がある。

【0053】こうしてエネルギー密度分布が均一に成形されたレーザ光は、次いで液晶マスク130の表面に照射される。このとき、液晶マスク130は広く知られているように所要のマーキングパターンをマスク上に駆動表示することが可能であり、図2に示すごとく前記レーザ光は同パターン表示領域内の光透過可能な状態にあるドット部分を透過する。この各ドットごとに分割されて透過したのちの各透過光のエネルギー密度分布も、前記ビームホモジナイザ120により成形された形状(B)と同一であって均一に分布されている。

【0054】また、前記液晶マスク130に1回で照射する領域は、ドット数で $5 \times 10 \sim 10 \times 10$ 個であり、これをレーザ光をもって一括照射するが、かかるドット数では必要とする全てのドットマーク数を満足し得ないことが多いため、マークパターンを数区画に分割して順次液晶マスクに表示させ、これを切り換えながら組み合わせることで全体のマークパターンをウェハ表面に形成するようにしている。この場合、ウェハ表面に結像させるときはウェハ又は照射位置を当然に制御移動させる必要がある。かかる制御手法としては従来から公知とされている様々な手法が採用できる。

【0055】上記液晶マスク130を通過したドット単位のレーザ光は、続いてビームプロファイル変換器140に照射される。このビームプロファイル変換器140は前記液晶マスク130のマトリックス状に配された個々の液晶に対応して同じくマトリックス状に配列されている。従って、液晶マスク130を透過したレーザ光は、1対1に対応してドットごとに前記ビームプロファイル変換器140を通過して、ビームホモジナイザ120によりそれぞれに平滑化されたエネルギー密度分布のレーザ光が本発明特有の微小な穴形状を形成するに必要なエネルギー密度分布形状へと変換される。本実施例では前述のごとく液晶マスク130を通過した後のレーザ光を、ビームプロファイル変換器140を通過させて、そのエネルギー密度分布形状を変換しているが、液晶マスク130を通過させる前にビームプロファイル変換器140を通過させて、そのプロファイルを変換させることもできる。

【0056】ビームプロファイル変換器140を通過したレーザ光はレンズユニット150により絞られ、半導体ウェハWのスクライブラインSL表面の所定の位置に照射され、同表面に必要なドットマーキングがなされる。従来のこの種のドットマーキングは、既述したとおり半導体ウェハの周辺部になされている。かかる部位へのマーキングではウェハ周辺部における膜厚の制御が困難であることに由来して、例えばエッチング不足の場合には、CMP処理のたびに膜(特にメタル系)がドットマーク上に少しずつ堆積し、読み取りを不可能にし、或いは膜を完全に除去しようとして、ウェハ表面を削ってしまい、結果としてドットマークの深さが浅くなり、同



じく読み取りを不可能にする。ミクロン単位の微小なドットマークにあっては、かかる事態は致命的である。

【0057】その点、半導体ウェハの切断領域であるスクライブラインSLにあっては、前述のウェハ周辺部を回避できる上に、成膜処理や除膜処理などの視認性に影響する加工がなされることがないため、本発明のごとくスクライブラインSLの表面にドットマーキングがなされることは望ましい。しかしながら、従来のドット寸法では所要のドット数をスクライブラインSL上に形成することは不可能である。そこで、上述のごとくミクロン単位の微小なドットマーキングが要求されることになる。

【0058】ここで、ミクロン単位のマーキングを複数のウェハ表面に均一に形成しようとする場合には、そのマーキング面と集光レンズとの間の距離や光軸合わせをミクロン単位で調節する必要がある。本実施例によれば、焦点検出はレーザ顕微鏡などで一般に使用されている共焦点方式で高さ計測を行い、この値からレンズの縦方向の微小位置決め機構にフィードバックさせて、自動的に焦点の位置決めがなされる。また、光軸合わせや光学構成部品の位置決め及び調整は、一般的に知られた方法が採用され、例えばHe-Neレーザなどのガイド光を通じて、予め設定されている基準スポットに適合させるべくネジ調整機構などによって調整する。この調整は組立時に一回だけ行えばよい。

【0059】一方、ドットマークの各ドットの大きさは、加工する光源の波長に依存することが判明している。一般に、

パターニングの分解能  $= k1 \cdot \lambda / NA$

加工焦点深度（加工可能な焦点方向距離の幅）  $= k1 \cdot \lambda / (NA)^2$

で表される。ただし、 $K$  はプロセスファクタ（比例定数）、 $\lambda$  は光源波長、 $NA$  はワーク表面への射出角である。

【0060】前記式から、パターニングの分解能を小さくするためには、光源波長を小さくするか、或いはワークへの射出角を大きくすることが考えられるが、焦点深度との兼ね合いでワーク表面への射出角はある値に制限されてしまう。従って、本発明では波長の短いレーザ光を使うことが好ましい。従来、ウェハ上へのマーキング用光源として、YAGレーザの基本波（波長：1064 nm）が多用されているが、本実施例によればYAGレーザの2倍波（波長：532 nm）か3倍波（355 nm）、或いはその波長範囲に則した波長のレーザ光源を使用している。

【0061】このように、微細ドットマーキングが実現されると、それに伴って焦点深度が小さくなる。一方、半導体ウェハ表面にマーキングを施すにあたり、ウェハの厚み誤差やウェハ自身のそり、うねり、更にはウェハハンドリングの位置出し精度などの影響があるため、焦

点深度よりもその影響が大きい。その結果、焦点位置を検出して自動的に位置出しをするための自動焦点位置出し手段が不可欠となる。前記焦点位置の検出手段としては、既述したごとく一般の共焦点顕微鏡による検出方法や三角点測定法が採用できる。しかして、装置の小型化と測定精度を考慮すると共焦点法が最も好ましい。前記自動焦点位置出しの機能は、前記焦点位置検出手段によるフィードバック信号で微小位置決めを行うことで実現される。

【0062】上記ビームプロファイル変換器140は、前記ビームホモジナイザ120により平滑化されたエネルギー密度分布を、ドット形状を得るために最適なエネルギー密度分布の形状に変換させるための光学部品であり、回折現象、屈折現象或いはレーザ照射ポイントにおける光透過率を任意に異ならせるなどして、入射レーザ光のエネルギー密度分布のプロファイルを既述した任意のドットマーク形状に変換するものである。

【0063】本発明にあって、微小なドットマークとは最大長さが1~15  $\mu m$  の寸法範囲にあり、穴深さが0.1~10  $\mu m$  にする。このような寸法のドットマークを形成するには、縮小レンズユニットの解像度などによる半導体ウェハWの表面の照射ポイントにおける結像に崩れを生じさせないようにするためと、液晶マスクの製作上必要な開口率を確保するために、上記液晶マスクの1ドット当たりの1辺長さが50~2000  $\mu m$  であることが必要である。更には、前記ビームプロファイル変換器140と前記液晶マスク130との配置間隔が余り大き過ぎても或いは小さ過ぎても、周辺の光線の影響を受け或いは光軸の不安定さの影響を受けて、半導体ウェハ表面の結像に乱れを生じやすい。そこで、図示例にあっては、前記液晶マスク130の1ドットの最大長さを、前記ビームプロファイル変換器140と前記液晶マスク130との配置間隔の0.1~10倍に設定する必要がある。かかる範囲に前記配置間隔を規定することにより、ウェハ表面に照射される結像が鮮明なものとなる。

【0064】次に、本実施例における上記ビームプロファイル変換器140によるレーザ光のエネルギー密度分布の変換方法を具体例に基づいて説明する。図2は回折現象を利用したビームプロファイル変換器によるエネルギー密度分布の変換説明図である。図示例では、回折光学素子（Diffraction Optical Element）を使用している。図2（b）は5×5ドットの液晶マスク130と、これに対応して配された同じく5×5ドットの回折光学素子からなるビームプロファイル変換マスク140-1とを平行に配設した模式図である。図2（a）は前記液晶マスク130を介して前記ビームプロファイル変換マスク140-1を透過したときのレーザ光のエネルギー密度分布の変換状態を示している。

【0065】すなわち、前記ビームホモジナイザ120

により尖頭値が平滑化されたレーザ光は、前記ビームプロファイル変換マスク 140-1 の 1 素子に入射されると、外周部の入射光は直線的に透過し、中央部の入射光は外周側に回折して、図 2 (a) に示すごとく外周部に向かうにつれてエネルギー密度が高くなり、中心部に向けてエネルギー密度が漸減する密度分布形状となる。そして、前記回折の角度及び間隔はレーザ光の回折条件を決定することにより算出される。かかるエネルギー密度分布に変換されたレーザ光の縮小像が半導体ウェハ表面の照射ポイントに照射されると、形成されるドットマークは周辺部に大きなエネルギーをもっているため穴周壁部がエネルギーの損失がなく速やかに熔融加工されるとともに穴中央部では周辺の強力な熱伝導により同様に熔融し、所望の穴形状をもつドットマークが形成される。

【0066】図 3 は上述の実施例により半導体ウェハ S のスクライブライン SL に形成されたシングルドット文字と 2 D コードマークの配列例を示している。この例では、レーザ光がグリーンレーザの波長を緑域とし、ビームの広がり角を  $0.5 \text{ mrad}$  以下、パルス数を  $100 \text{ ns}$  以下に設定している。スクライブライン SL 上に形成されたドットマークの径 D は  $5 \mu\text{m}$  である。

【0067】一方、スクライブライン SL はダイサの厚さにより規定されるが、現状では  $50 \sim 60 \mu\text{m}$  が限界であると考えられている。そこで、本実施例ではスクライブライン SL の幅をその下方の限界である  $50 \mu\text{m}$  と仮定して、縦長さ L1 を  $40 \mu\text{m}$ 、横寸法 L2 を  $160 \mu\text{m}$  と設定し、その領域に  $8 \times 32$  ドットを形成することを可能として、2 D コードマークを形成した。この 2 D コードにより英数字の 13 文字が登録可能である。また、前記 2 D コードマークに隣接させて、 $5 \times 7$  のシングルドットマークを形成している。

【0068】なお、図示例に限定されるものではなく、例えば前述の微小なドットマークの形成領域としては、上記スクライブラインの他に、半導体ウェハの試験用チップの形成領域、半導体ウェハの個々のデバイス単位をなすチップの不完全形成領域、半導体ウェハの個々のデバイス単位をなす各チップ内の余剰引出し電極表面を挙げることができ、更には微小ドットマーキングとして既述したようにホトリソグラフィ、エッチングや打刻によるマーキング手法も採用が可能である。

【0069】さて、本発明にあってはドットマーク形成面に形成されるドットマークの形態を、同ドットマークの表面に平行光を照射したとき、そのマーク部分の反射光が、ある一点に収束され或いはある一点から拡散するような反射面に形成することが肝要である。かかる形態をもつドットマークを形成するには、前述のレーザマーキング装置、或いはフォトリソグラフィ、エッチングや打刻が好適である。

【0070】図 4 ～ 図 8 は、前述の一点に収束され或いは一点から拡散するような反射面をもつドットマーク形

態を示している。図 4 は上記レーザマーキング装置によるソフトマーキングにより形成され得るドットマーク形態の一例を模式的に示している。すなわち、ドットマーク M の中央部 M1 が放物面をもってドットマーク形成面 S から深さ H1 だけ凹み、その周辺部 M2 に前記中央部 M1 の熔融物が堆積した高さ H2 をもつリング状の盛り上り部を形成している。前記中央部 M1 の放物面に上方から照射される平行光は、前記放物面で反射して、その反射光は一点に収束し実像が形成される。この実像の形成される位置が実焦点位置 F となる。

【0071】しかし、同図に示すように前記反射面が放物面であるときは、その放物面の前記焦点は一点となり、平行光が前記焦点に集中することになるため、より高い輝度を得られ高画像情報を得ることができて、正確な読み取りが可能である。しかし、その焦点深度は対物レンズの開口数の逆数に比例するため、後述する本発明のように開口数が大きな対物レンズを使用する場合には、焦点深度が浅過ぎることにより放物面に近い形態の反射面では読み取り対象の位置合わせに手間取る場合がある。

【0072】かかる不具合を解消するには、前記反射面の形態を放物面とせず、図 5 に示すような楕円弧面、或いは単なる円弧面、若しくは図 6 に示すような逆円錐状として、焦点位置 F を上下に伸ばすようにすれば、実像も読み取り光学系の軸方向に分散するため好ましい。

【0073】このことは、ドットマーク形成面 S から上方に突出するドットマークについても同様のことがいえる。図 7 は、ドットマーク M' の反射面の形態が、図 5 に示した形態を反転させた形態であり、中央部 M1' がドットマーク形成面 S から上方に円弧状に突出すると共に、その周辺部はリング状に凹んだ陥没部 M2' となっている。このドットマーク形態によっても、その反射光は図 5 に示すと様に虚焦点位置 O' が上下に伸びる。図 8 は、ドットマーク M' を、そのマーク形成面 S から上方に円錐状に突出させて形成している。この場合、その円錐面に照射される平行光は、ある特定の位置から拡散して反射する。すなわち、前記特定の位置に虚像が形成されることになり、その位置が虚焦点位置 O' となる。

【0074】図 7 及び図 8 に示す形態のドットマーク M' は、例えばエッチングにより形成できる。また上記レーザマーキング装置によっても、そのレーザ光のエネルギー分布曲線の設計と照射エネルギーとを制御することにより、図 7 に示す形態のドットマークを形成することが可能である。すなわち、半導体ウェハ W の表面にエネルギー分布のプロファイル加工がなされたレーザ光を照射すると、その照射面が熔融して、一旦は照射面全体が凹んだ状態となるが、照射を終えた直後に前記照射面の中央部が逆に盛り上がるようになる。

【0075】図 9 及び図 10 は、本発明の実施例である

ドットマーク読み取り装置の概略構成を示している。本発明のドットマーク読み取り装置にあっては、対物レンズの焦点位置とドットマーク反射面の焦点位置とを高精度に位置合わせさせることが重要である。特に、既述したとき微小なドットマークにあっては、ミクロン単位で位置合わせを行う必要があるため、信頼性の高い位置合わせ機構を備えていなければならない。

【0076】図9は信頼性の高い対物レンズの焦点位置合わせ機構を備えたドットマーキングの読み取り装置を示しており、この実施例装置では前記焦点位置合わせ機構として共焦点法による焦点検出機構10を備えている。すなわち、同読み取り装置は、水平に配された半導体ウェハWのドットマーク形成面Sに対向して配される対物レンズ1と、同対物レンズ1の直上で前記ドットマーク形成面Sに対して45°傾斜させて配される第1のハーフミラー2と、同ハーフミラー2の上方で同ミラー2とは逆方向に45°傾斜して配される第2のハーフミラー3と、第2ハーフミラー3の上方で前記対物レンズ1の光軸上に配されるコリメートレンズ4と、同コリメートレンズ4の上方で同一光軸上に配されるCCDカメラなどの受像器5と、同受像器5に接続された画像処理機構6とを備えている。

【0077】本実施例において、半導体ウェハWの表面を照射する光源7はハロゲンランプやLED等が使われ、前記半導体ウェハWの表面に対して45°の傾斜角をもって設置された上記第2のハーフミラー3の側方に配設され、同光源7から射出される光は凸レンズ7aにより収束され、その収束位置の近傍に配されたピン孔7bを通して拡大凸レンズ7cに入射され、同拡大凸レンズ7cにより拡大された光が前記第2ハーフミラー3で反射して、ある一点で再度収束する。第2ハーフミラー3と対物レンズ1との光路中に上記第1のハーフミラー2が配され、同集束位置から拡散する光は上記対物レンズ1を通して平行光とされて、半導体ウェハWのドットマーク形成部に照射される。

【0078】更に、本実施例にあっては前記第1ハーフミラー2の側方に共焦点検出機構10が配設されている。この共焦点検出機構10は、同ハーフミラー2と平行に配された第3のハーフミラー11と、集光レンズ12及びコリメートレンズ13を介して前記第3ハーフミラー11に平行光を照射して、その反射光を前記第1ハーフミラー2に反射させ、前記対物レンズ1を通して結像させる検出用光源14と、前記第3ハーフミラー11の透過光の光量変化を集光レンズ15を介して検出する光量検出器16とを備えている。

【0079】かかる構成を備えた共焦点検出機構10を使って、半導体ウェハWの表面に形成された上記形態を有するドットマークの焦点位置と前記対物レンズ1の焦点位置とを合わせるには、先ず前記共焦点検出機構10の検出用光源14から照射され、平行光に変換された照

射光を、前記第3及び第1ハーフミラー11, 2を介して対物レンズに入射させ、同対物レンズ1を通して結像させる。この結像位置が対物レンズの焦点位置となる。

【0080】次いで、前記半導体ウェハWを前記対物レンズ1の焦点付近に移動させる。その後、対物レンズだけを上下させながら、前記共焦点検出機構10の光量検出器16のセンサ出力の最大位置を検出し、対物レンズ1の焦点位置合わせを終える。続いて、上記読み取り用光源7から半導体ウェハWの表面に形成されたドットマークに平行光を照射するとともに、前記検出用光源14から前記ドットマーク付近に照射された集束光を照射し、それらの反射光を前記第1及び第2ハーフミラー2を通して上記受像器5で受け、そのドット中心部の輝度が最も高くなる位置を画像処理等により検出し、その位置に対物レンズ1を設置する。

【0081】なお、前記画像処理等による検出にあたっては、前述のように受像器5からの画像信号直接画像処理することに代えて、一定のスレッドショルドで2値化した画像において、その輝度野高い部分の面積が最も小さくなる時の位置を対物レンズ1の設置位置とするか、或いは予め用意したグレースケールのパターンと一致するときの位置を対物レンズ1の設置位置と決めることもできる。また、この対物レンズ1の設置位置を決めるにあたり、前述のごとく対物レンズ1を移動させずに、半導体ウェハWを移動させるようにしてもよい。

【0082】図10に示す本発明のドットマーク読み取り装置にあっては、その対物レンズの焦点位置合わせ機構として三角測量法に基づく焦点検出機構100を採用している。その具体的な機構及び検出原理は一般によく知られた三角測量法と同様であるため、その説明は概略に止める。なお、本実施例におけるドットマーク読み取り装置の前記焦点検出機構100を除く他の構成は前述の図9に示した構成と変わるところがない。

【0083】前記焦点検出機構100は上記第1ハーフミラー2の側方に配設されており、その検出光源101から第1ハーフミラー2の第1照射位置にポイント照射される微細光束の反射光を、対物レンズ1にその光軸と平行に入射させ、その屈折光の半導体ウェハWの表面での反射光を、光点位置検出器102により検出し、次いで前記第1照射位置とは異なる第1ハーフミラー2の第2照射位置にポイント照射して、その半導体ウェハ表面からの反射光を前記光点位置検出器102により検出し、前記第1及び第2照射位置の変化に応じて変化する光点の像位置を読み取り、対物レンズ1の焦点位置を決定する。本実施例における前記微細な検出光源としてはレーザ光が使用されている。

【0084】さて、次に前述のごとき対物レンズの焦点位置合わせ機構を備えた本発明のドットマーク読み取り装置による半導体ウェハWのドットマーク形成面上の具体的なドットマークの読み取り結果を説明する。

【0085】図11はその読み取り対象となるドットマークの第1形態を示している。この第1形態は既述したレーザ光による微小なドットマークのソフトマーキングにより得たものであり、穴形態は断面が楕円弧状を呈し、同図においては理解を図るためその形態を誇張して描いている。

【0086】同図にあって、ドットマークMの中央部M1におけるウェハ表面Sからの穴深さH1は1.2  $\mu\text{m}$ 、同ドットマークMの周辺盛上り部M2の外周径D1が85  $\mu\text{m}$ 、その内径D2が45  $\mu\text{m}$ 、前記周辺盛上り部M2のウェハ表面Sからの盛上り高さH2が0.3  $\mu\text{m}$ であり、実際的には図12に示す形態に近いものである。このドットマークの実焦点Oは半導体ウェハWの表面から70  $\mu\text{m}$ であった。勿論、その穴形態により前記実焦点は変化する。以下、本発明による読み取りの実施例を比較例とともにドットマークの撮像写真に基づいて具体的に説明する。

#### 【0087】-第1実施例-

図12に示すドットマーク形態に対して、上述の読み取り装置を用いて、その対物レンズ1の焦点位置をドットマークMの実焦点位置である70  $\mu\text{m}$ に合致させ、前記ドットマークMに直上から平行光を照射したときの画像処理により得られた写真を図13に示している。この図から理解できるようにドットマークMの中心部に輝度の高いポイント状の光点からなる撮像が写し出されている。また、リング状の上記盛上り部M2にあって、前記ポイント状の撮像と較べると輝度が落ちるものの、その周辺部とは比較できないほど輝度の高いリング状の撮像が写し出されていることが分かる。この写真から、本発明の読み取り機構の正当性が実証されることが理解できる。

#### 【0088】-第2実施例-

前記実施例により、ドットマークMの盛上り部M2にあって、中央部M1以外の周辺部分とは比較にならない輝度をもつ像が結像がなされることが理解できる。そこで、本実施例では前記ドットマークMの盛上り部M2に着目した。すなわち、上記対物レンズ1を上下に移動して、前記リング状の撮像部分の最も輝度の高い位置に焦点位置を合わせたところ、半導体ウェハWの表面の下方80  $\mu\text{m}$ の位置であった。つまり、この盛上り部M2の表面曲面により、図14に示すごとく上記反射光が半導体ウェハWの表面から80  $\mu\text{m}$ 下方の一点を中心として拡散し、その一点が既述した虚焦点位置O'であり、この虚焦点位置O'に対物レンズ1の焦点位置を合致させても、周辺と輝度差が大きい像が得られることが理解できる。図15がその撮像写真である。

#### 【0089】-第3実施例-

更に、対物レンズ1を前記ドットマークMの中央部M1に焦点を置いて、更に上下に移動調整を行ったところ、同中央部M1の第1実施例とは異なる位置に新たに輝度

の高いポイント状の一点があることを知った。このときの対物レンズ1の焦点位置Oは半導体ウェハWの表面から700  $\mu\text{m}$ 下方であった。これは、図16に示す前記盛上り部M2による虚焦点がドットマークMの中心軸線上にも存在し、その虚焦点位置O'が半導体ウェハWの表面から700  $\mu\text{m}$ 下方であることを示している。図17は同虚焦点位置O'の付近における撮像写真である。

#### 【0090】-第4実施例-

一方、半導体ウェハWの製造工程にあっては、既述したように多様な処理工程を経るものであり、特にその管理情報である前記ドットマークの読み取りにあたって最も弊害となる要素に成膜がある。そこで、本実施例では成膜がなされた状態にあるドットマークの読み取りを行った。

【0091】この例では、ドットマークの形態は上記形態を有しており、その各部分の寸法は、ドットマークMの中央部M1におけるウェハ表面Sからの穴深さH1は2.0  $\mu\text{m}$ 、同ドットマークMの周辺盛上り部M2の外周径D1が80  $\mu\text{m}$ であり、他の部分の寸法は上記実施例と同じである。このドットマークMにむらのある成膜を施した。

【0092】開口数NAが0.42の対物レンズ1の焦点位置Oを前記ドットマークMの中央部M1の上方70  $\mu\text{m}$ に合わせた。図18はそのときの前記ドットマークの実像写真であり、成膜が施されているにも関わらず、ドットマーク中央部M1の撮像の輝度が周辺と比較して格段に差のあることが分かる。

#### 【0093】-比較例-

前記第4実施例と比較するため、同一形態と寸法をもつ被膜ドットマークMを、通常の読み取りと同様に、対物レンズ1の焦点位置Oを半導体ウェハWの表面に合わせ、ドットマークMの撮像を行った。この対物レンズ1の焦点位置合わせが異なる以外、他の条件は第4実施例と同じである。

【0094】図19は、その撮像写真である。この図から理解できるように、本比較例の場合には、ドットマークMと周辺部分との間に輝度差が少なく、且つ成膜のむらも影響して、ドットマークMの全体像が不明瞭に写し出されているに過ぎない。実際の半導体ウェハWの製造工程にあっては、更に過酷な条件が加わるはずであり、従って、複数の工程を経たのちには多様な影響により前記ドットマークの認識は不可能となることが理解できる。

【0095】図20(a)はこの比較例の輝度分布を示しており、同図(b)は前記第4実施例の輝度分布を示している。両図からも明らかなように、対物レンズ1の焦点位置Oを半導体ウェハWの表面に合わせる場合と、同焦点位置OをドットマークMの焦点位置O'に合致させる場合とでは、前者がほぼ均一に分布されるのに対して、後者では中央位置に光量が集中して輝度が突出して

いる。

#### 【0096】-第5実施例-

図 2 1 は上記各実施例におけるドットマーク M を、丁度引っ繰り返した形態のドットマーク M' の形態を示している。この例におけるドットマークの各寸法は、ドットマーク M' の中央部 M 1' におけるウェハ表面 S からの突出高さ H 1' は 0. 0 9  $\mu$ m、同ドットマーク M' の周辺凹陥部 M 2' の外周径 D 1' が 4. 7  $\mu$ m、前記周辺凹陥部 M 2' のウェハ表面 S からの陥没深さ H 2' が 0. 0 1 3  $\mu$ m の微小なドットマークである。

【0097】かかる形態をもつ微小なドットマーク M' を上記実施例と同様に撮像した。このときの対物レンズ 1 の開口数 NA は 0. 7 0 であり、前記ドットマーク M' の虚焦点位置 O' は半導体ウェハ表面 S から下方に 5  $\mu$ m の位置であり、その撮像写真を図 2 2 (a) に示しており、そのときの輝度分布を同図 (b) に示している。これらの図から、本発明の読み取り装置及び方法によれば、かかる微小なドットマーク M' であっても視認性が確保されることが理解される。

#### 【0098】-第6実施例-

図 2 3 及び図 2 4 は、ドットマーク M' の形態を円錐形とした場合の実施例を示している。この例にあって、前記ドットマーク M' の各寸法は、ドットマーク M' の中央部 M 1' におけるウェハ表面 S からの突出高さ H 1' は 0. 7 3  $\mu$ m、同ドットマーク M' の周辺凹陥部 M 2' の外周径 D 1' が 8. 4  $\mu$ m、前記周辺凹陥部 M 2' のウェハ表面 S からの陥没深さ H 2' が 0. 1 1  $\mu$ m のドットマークである。

【0099】この実施例にあって、前述の実施例と同様に対物レンズ 1 の開口数 NA は 0. 7 0 であり、同対物レンズ 1 の焦点位置 O を半導体ウェハ表面 S から 1 5  $\mu$ m 下方の虚焦点位置 O' とした。その撮像写真が図 2 4 (a) であり、そのときの輝度分布が同図 (b) に示すとおりである。これらの図から、本発明の読み取り装置及び方法によれば、かかる形態のドットマーク M' であっても正確にドットマーク M' を読み取ることが理解できる。

【0100】なお、本発明のドットマーク読み取り装置及び方法による場合には、上記ドットマーク M, M' にあって、特に穴形態からなるドットマーク M にあっては、その穴の傾斜が大きすぎると、図 2 5 に示すように同穴内面の反射光のうち対物レンズ 1 により捉えられる領域からはみ出して無駄になる反射光が多くなるため、好ましくない。

【0101】また、上記実施例では全てドットマーク M, M' の直上から平行光を照射しているが、例えば図 2 6 に示すごとくドットマーク M に対して、ドットマーク形成面 S と所望の角度  $\theta$  をもたせて平行光を照射する場合にも、そのドットマーク M の反射光は実像又は虚像を形成するため、同実像又は虚像を形成する位置、すな

わち焦点位置に対物レンズ 1 の焦点位置を合わせれば、上記実施例と同様に確実にドットマークを読み取ることが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】半導体ウェハの表面に所望の形態を有するドットマークを形成するためのレーザマーキング装置とそのレーザ光のエネルギー密度分布の変換過程を模式的に示す説明図である。

【図 2】回折現象を利用したビームプロファイル変換器によるエネルギー密度分布の変換説明図である。

【図 3】半導体ウェハのスクライブラインに形成されるシングルドット文字と 2 D コードマークの配列例を示す説明図である。

【図 4】上記レーザマーキング装置によるソフトマーキングにより形成され得る反射面が放物面をもつドットマーク形態を模式的に示す断面図である。

【図 5】断面が楕円弧穴状のドットマーク形態を模式的に示す断面図である。

【図 6】逆円錐穴状のドットマーク形態を模式的に示す断面図である。

【図 7】ウェハ表面から突出する断面が楕円弧面で突出するドットマーク形態を模式的に示す断面図である。

【図 8】ウェハ表面から突出する断面が円錐面で突出するドットマーク形態を模式的に示す断面図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施例であるドットマーク読み取り装置の概略構成図である。

【図 1 0】本発明の第 2 の実施例であるドットマーク読み取り装置の概略構成図である。

【図 1 1】前記読み取り装置により読み取られるドットマークの具体的な形態例を誇張して示す断面図である。

【図 1 2】前記ドットマークの反射光の光路を示す断面図である。

【図 1 3】対物レンズの焦点位置を同ドットマークの中央部の実焦点位置に合わせたときの上方からの撮像写真である。

【図 1 4】前記ドットマークの周辺盛上り部の反射光の光路を示す断面図である。

【図 1 5】同盛上り部の虚焦点位置に対物レンズの焦点位置を合わせたときの上方からの撮像写真である。

【図 1 6】同ドットマークの中央部における他の位置に対物レンズの焦点位置を合わせたときの、周辺盛上り部の外周面の反射光により得られる虚焦点位置の説明図である。

【図 1 7】同位置に対物レンズの焦点位置を合わせたときの撮像写真である。

【図 1 8】むらのある成膜が施されたドットマークの前記実施例による撮像写真である。

【図 1 9】その比較例である対物レンズの焦点位置をウェハ表面に合わせたときの撮像写真である。

【図 2 0】前記比較例及び実施例の各結像の輝度分布図

である。

【図 2 1】前記実施例におけるドットマーク形態が反転した形態をもつ微小寸法のドットマークの反射光の焦点位置を示す断面図である。

【図 2 2】同ドットマークの撮像写真と輝度分布の説明図である。

【図 2 3】ウェハ表面から円錐状に突出したドットマークの実施例における虚焦点位置を示す断面図である。

【図 2 4】同ドットマークの撮像写真と輝度分布の説明図である。

【図 2 5】ドットマークの穴傾斜が大きい場合の読み取りにくさを示す説明図である。

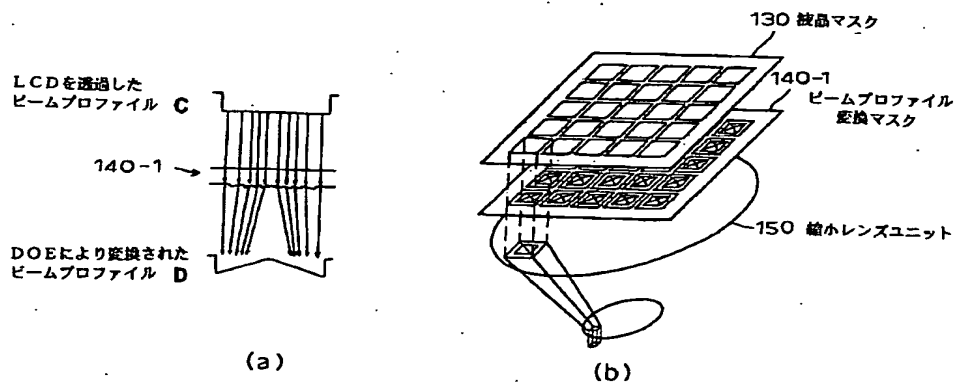
【図 2 6】上方から傾斜して平行光をドットマークの反射面に照射する場合の、反射光の焦点位置の変移を示す説明図である。

【符号の説明】

1	対物レンズ
2	第 1 のハーフミラー
3	第 2 のハーフミラー
4	コリメートレンズ
5	受像器
6	画像処理機構
7	光源
7 a	凸レンズ
7 b	ピン孔

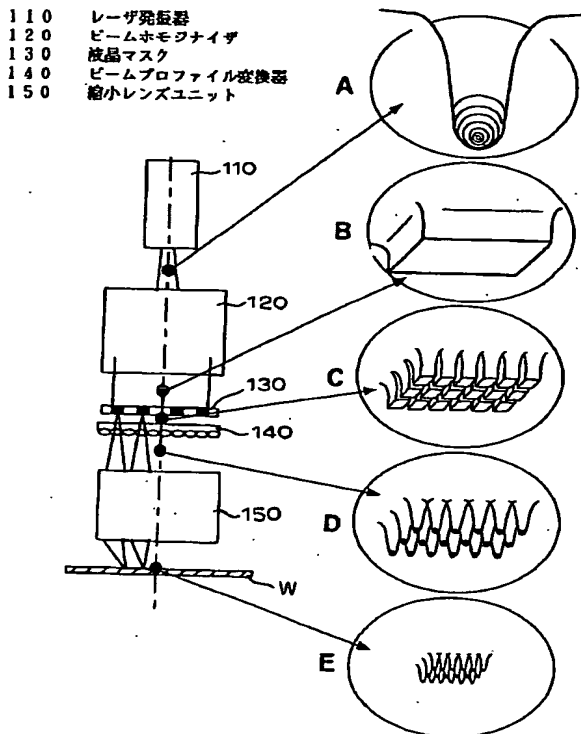
7 c	拡大凸レンズ
10, 100	共焦点検出機構
11	第 3 のハーフミラー
12	集光レンズ
13	コリメートレンズ
14	検出用光源
15	集光レンズ
16	光量検出器
101	検出光源 (レーザ光源)
102	光点位置検出器
110	レーザ発振器
120	ビームホモジナイザ
130	液晶マスク
140	ビームプロファイル変換器
140-1	ビームプロファイル変換マスク
150	縮小レンズユニット
W	半導体ウェハ
M	ドットマーク
M1	中央部
M2	盛上り部
H1	マーク形成面からの深さ
H2	マーク形成面からの高さ
D1	盛上り部外周の径
D2	盛上り部内周の径

【図 2】



回折現象を利用したビームプロファイル変換器によるエネルギー密度分布の変換説明図

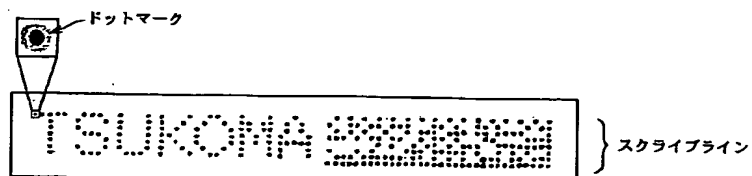
【図 1】



〔レーザー光のエネルギー密度分布〕

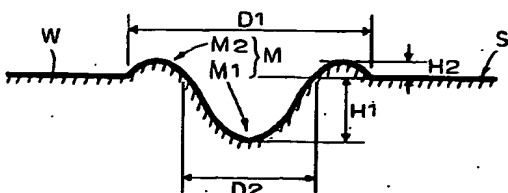
半導体ウェハの表面に所望の形態を有するドットマークを形成するためのレーザーマーキング装置とそのレーザー光のエネルギー密度分布の変換過程を模式的に示す説明図

【図 3】



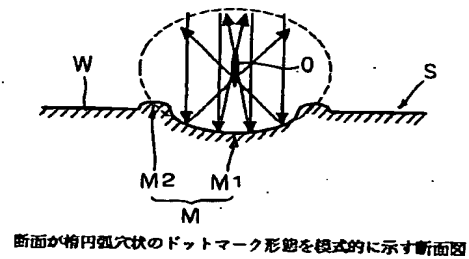
半導体ウェハのスクライプラインに形成されるシングルドット文字と 2Dコードマークの配列例を示す説明図

【図 11】



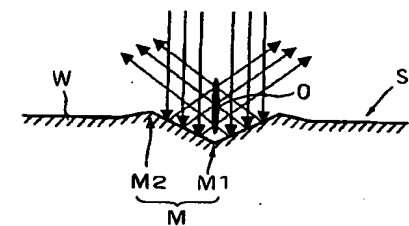
ドットマーク読み取り装置により読み取られるドットマークの具体的な形態例を誇張して示す断面図

【図 5】



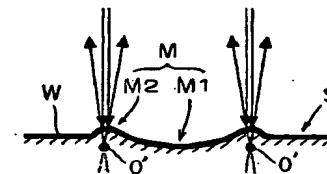
断面が楕円弧状のドットマーク形態を模式的に示す断面図

【図 6】



逆円錐穴状のドットマーク形態を模式的に示す断面図

【図 14】



ドットマーク読み取り装置により読み取られるドットマークの周辺盛上り部の反射光の光路を示す断面図

【図 20】

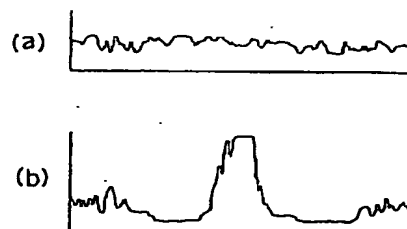
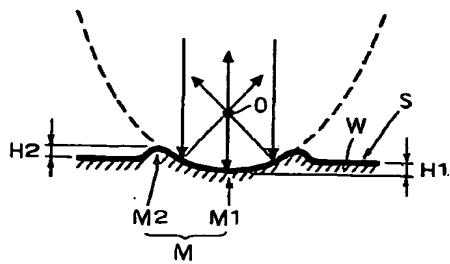


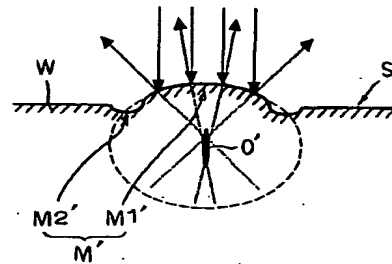
図 19 比較例及び図 18 実施例の各結像の輝度分布図

【図 4】



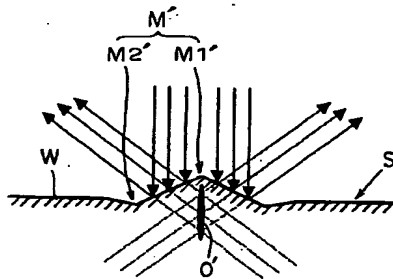
本発明のレーザーマーキング装置によるソフトマーキングにより形成され得る反射面が放物面をもつドットマーク形態を模式的に示す断面図

【図 7】



ウェハ表面から突出する断面が楕円弧面で突出するドットマーク形態を模式的に示す断面図

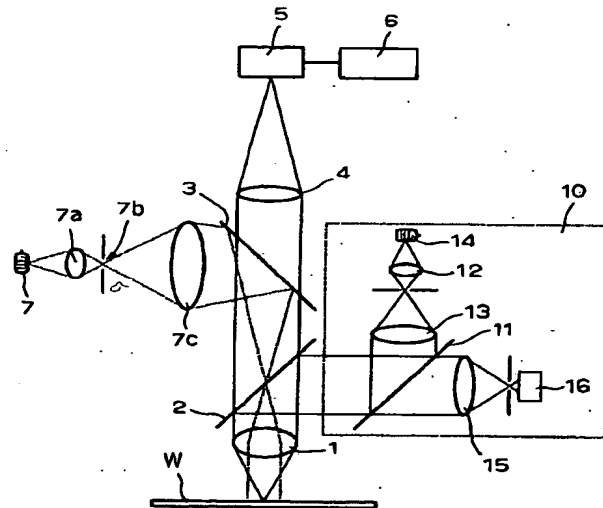
【図 8】



ウェハ表面から突出する断面が円錐面で突出するドットマーク形態を模式的に示す断面図

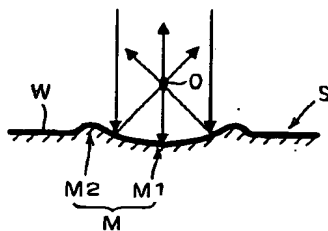
【図 9】

- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1 対物レンズ     | 10 共焦点検出機構   |
| 2 第1のハーフミラー | 11 第3のハーフミラー |
| 3 第2のハーフミラー | 12 集光レンズ     |
| 4 コリメートレンズ  | 13 コリメートレンズ  |
| 5 受像器       | 14 検出用光源     |
| 6 画像処理機構    | 15 集光レンズ     |
| 7 光源        | 16 光量検出器     |
| 7a 凸レンズ     | W 半導体ウェハ     |
| 7b ピン孔      |              |
| 7c 拡大凸レンズ   |              |



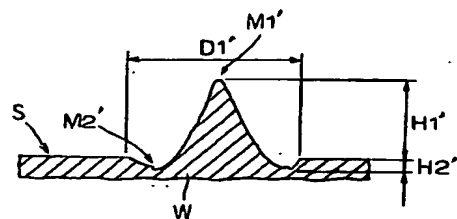
本発明の第1の実施例であるドットマーク読み取り装置の概略構成図

【図 12】



ドットマーク読み取り装置により読み取られるドットマークの反射光の光路を示す断面図

【図 23】

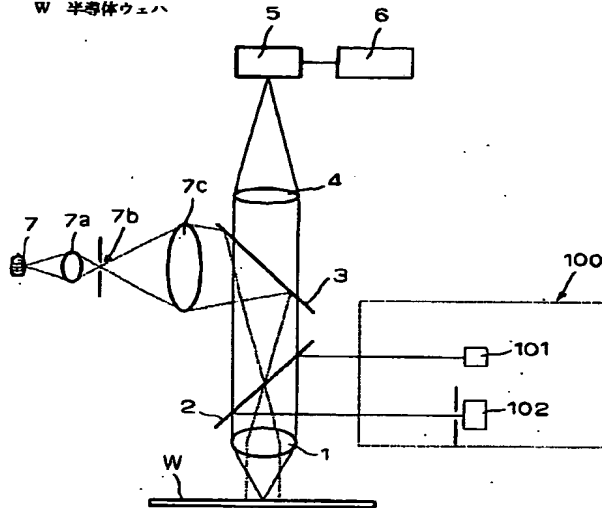


ウェハ表面から円錐状に突出したドットマークの実施例における虚焦点位置を示す断面図



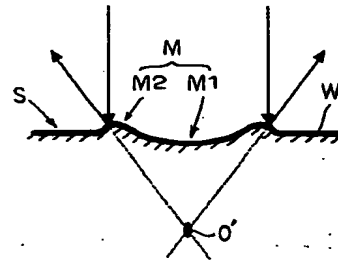
【図10】

- 1 対物レンズ
- 2 第1のハーフミラー
- 3 第2のハーフミラー
- 4 コリメートレンズ
- 5 受像器
- 6 画像処理機構
- 7 光源
- 7a 凸レンズ
- 7b ピン孔
- 7c 拡大凸レンズ
- 100 共焦点検出機構
- 101 検出光源（レーザー光源）
- 102 光点位置検出器
- W 半導体ウェハ



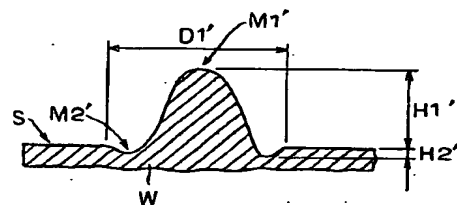
本発明の第2の実施例であるドットマーク読み取り装置の概略構成図

【図16】



ドットマークの中央部における他の位置に対物レンズの焦点位置を合わせたときの、周辺盛上り部の外周面の反射光により得られる虚焦点位置の説明図

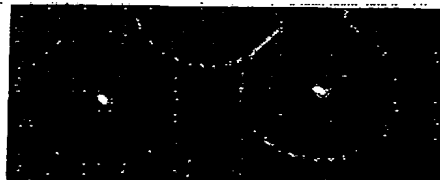
【図21】



ドットマーク形態が反転した形態をもつ微小寸法のドットマークの反射光の焦点位置を示す断面図

【図13】

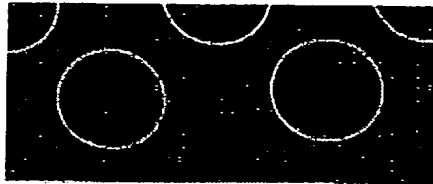
図面代用写真



対物レンズの焦点位置をドットマークの中央部の実焦点位置に合わせたときの上方からの撮像写真

【図 15】

図面代用写真



ドットマークの盛上り部の虚焦点位置に対物レンズの焦点位置を  
合わせたときの上方からの撮像写真

【図 17】

図面代用写真

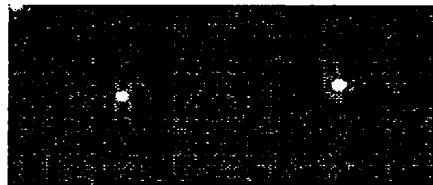
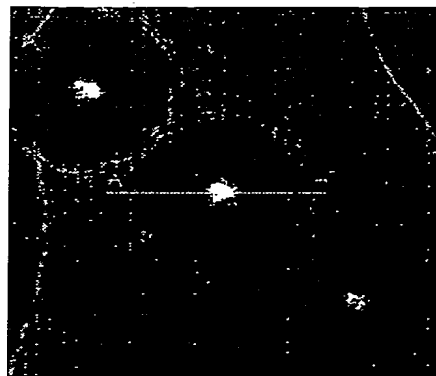


図 16 における虚焦点位置に対物レンズの焦点位置を合わせたときの撮像写真

【図 18】

図面代用写真



成膜が施された状態にあるドットマークの実施例による撮像写真

【図19】

図面代用写真

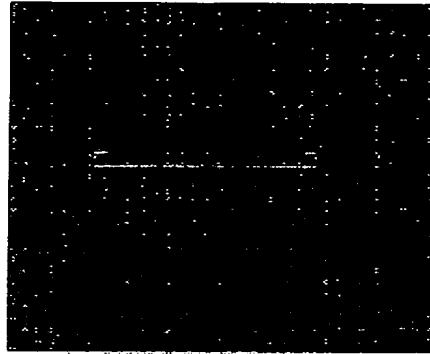


図18の比較例である対物レンズの焦点位置をウェハ表面に合わせたときの撮像写真

【図22】

図面代用写真



(a)

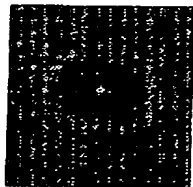


(b)

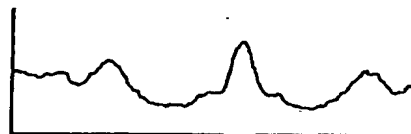
ドットマーク形態が反転した形態をもつ微小寸法のドットマークの撮像写真と輝度分布の説明図

【図24】

図面代用写真



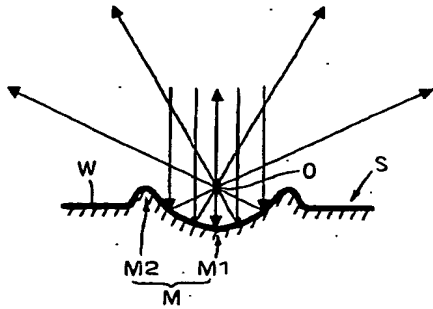
(a)



(b)

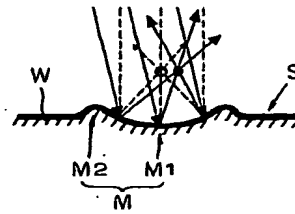
ウェハ表面から円錐状に突出したドットマークの撮像写真と輝度分布の説明図

【図 25】



ドットマークの穴傾斜が大きい場合の読み取りにくさを示す説明図

【図 26】



上方から傾斜して平行光をドットマークの反射面に照射する場合の、反射光の焦点位置の推移を示す説明図